

UNA EXPERIENCIA DE APLICACIÓN DE RÚBRICAS PARA LA EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE MATEMÁTICA APLICADA EN INGENIERÍA.

Este proyecto ha sido desarrollado durante el curso 2014-2015 en la E.P.S. de Zamora, bajo la coordinación de la Profesora Dña. Susana Nieto Isidro, en colaboración con el Profesor D. Higinio Ramos Calle, ambos profesores Titulares de Universidad del Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Salamanca.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto era desarrollar un método de evaluación basado en la utilización de rúbricas para la valoración de los trabajos que deben desarrollar los alumnos como parte de la asignatura “Matemáticas I” de la titulación de Grado en Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Superior de Zamora.

Hasta ahora la realización de estos trabajos se venía exigiendo de manera obligatoria, y constituía una calificación más para obtener la nota final de la asignatura, siendo su peso del 30% en la nota final. Los alumnos no recibían ninguna indicación específica sobre cómo hacer el trabajo, más allá de unas nociones verbales de carácter general sobre buena presentación, corrección, inclusión de bibliografía, etc., pero sin especificar de forma exhaustiva el formato del trabajo, el nivel deseable de documentación, cómo realizar las referencias, etc. Como resultado, el nivel de los trabajos que entregaban los alumnos era muy dispar, e iba desde trabajos excelentes, documentados, bien referenciados, con ejemplos interesantes, aportaciones propias de los autores, etc, hasta trabajos realmente impresentables. Algunos de estos trabajos se reducían a copiar de aquí y de allá párrafos deslavazados, sin homogeneidad en la notación, sin continuidad en el discurso, sin aportar nada original, y dando la impresión de que los autores ni siquiera entendían lo que habían escrito. Esta falta de calidad redundaba en la calificación final, y en lugar de contribuir a obtener mejor nota, un trabajo mal realizado podía llegar a suponer de hecho una peor calificación.

Por eso, hemos tratado de organizar de manera sistemática el proceso y los distintos apartados de la realización del trabajo para dar a los alumnos unas pautas concretas, claras, exhaustivas y completas sobre la realización del trabajo, en las que se detallan cuestiones tales como el nivel de calidad exigible, los aspectos que van a ser evaluados y valorados positivamente por el profesor, el nivel de aportaciones personales que deben realizar, el tamaño y formato de las referencias, etc. Para ello, el procedimiento que creemos que se ajusta mejor a nuestros propósitos es el uso de una rúbrica para la realización de los trabajos.

Entendemos por rúbrica una escala de valoración utilizada para evaluar un aprendizaje, según una serie de dimensiones relevantes que pueden ser valoradas cualitativa y/o cuantitativamente. Para ello se utiliza una escala gradual en la que están especificados los niveles de ejecución posibles junto con la calificación numérica o cualitativa que dichos niveles permiten alcanzar.

Existe un número bastante limitado de experiencias en la utilización de rúbricas en las asignaturas de ciencias y especialmente en las asignaturas de matemáticas: su utilización está mucho más extendida en Humanidades y Ciencias Sociales. Sin embargo, la idoneidad de este método de evaluación viene dada por varios factores:

- Son muy adecuadas para la valoración de competencias, que es el sustrato básico de los actuales planes de estudio de las titulaciones de Grado en Ingeniería.
- Favorecen la transparencia en la evaluación y reducen la posible sensación de arbitrariedad o de desconocimiento de los criterios relevantes para la obtención de la calificación.
- Favorecen la retroalimentación del estudiante, informándole de su nivel del logro frente a la tarea requerida.

En este caso, además, existe una serie de factores que hace que la utilización de este instrumento sea adecuada:

- Existe un gran número de alumnos de esta asignatura, más de 100, que hace de la atención personalizada una labor muy gravosa para el docente y muy laboriosa para los alumnos. La rúbrica, a la que los alumnos tendrán acceso vía Studium, proporciona una guía on-line a la que los alumnos pueden acceder fácilmente para despejar dudas sobre su progreso.

- La labor de tutorías de seguimiento realizada por el profesor se hace entonces más efectiva, pues pasa a centrarse en cuestiones más sustantivas relacionadas con el contenido de los trabajos y no tanto sobre cuestiones formales, que están detalladas en Studium desde comienzo del curso.
- El nivel de conocimientos sobre la realización de trabajos de estos estudiantes es bastante limitado, al tratarse de estudiantes de primer curso. Por ello, la utilización de rúbricas sirve como guía de trabajo y de aprendizaje, al fijar los puntos clave sobre los que deben dirigir su atención y que serán valorados por el profesor.
- El desempeño de los alumnos en esta misma tarea observado en cursos anteriores es muy irregular, observándose una gran disparidad en la calidad de los trabajos entregados y por lo tanto en las calificaciones obtenidas por los alumnos en lo que se refiere a esta tarea. La utilización de rúbricas permitirá clarificar los objetivos a alcanzar y permitirá a los alumnos mejorar su nivel de logro. La diferencia de calificaciones de los trabajos reflejará entonces de forma más fiable la evaluación realizada por el profesor sobre el contenido, alcance y calidad de los trabajos, y no influirán tanto las cuestiones formales.

DESARROLLO DEL PROYECTO

Este proyecto se ha desarrollado a lo largo del primer cuatrimestre del curso 2014-2015, con los alumnos de la titulación de Grado en Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Superior de Zamora. Se trata de un grupo de aula de 105 alumnos de la asignatura "Matemáticas I", del primer curso de esta titulación.

En los primeros días de octubre de 2014, se llevó a cabo una sesión informativa para los alumnos en la que se les informó sobre los rudimentos de la evaluación mediante rúbricas y cómo iba a ser su aplicación en la evaluación del trabajo a realizar.

A continuación, se llevó a cabo el proceso de diseño y generación de la rúbrica más adecuada para este trabajo. Dada la situación de esta asignatura en el primer cuatrimestre, esta tarea de estudio y diseño de la rúbrica se realizó también durante el mes de octubre de 2014, con el objeto de no retrasar la fecha de comienzo de los plazos propuestos para la entrega del trabajo.

El diseño de la rúbrica se realizó teniendo en cuenta cuáles eran los elementos de evaluación más relevantes fijados por el profesor; sobre estos elementos de evaluación se detallaron los posibles niveles de logro y cuáles podían ser las valoraciones cualitativas y/o cuantitativas de cada uno de estos niveles. También se determinó el porcentaje de contribución de cada uno de estos aspectos y niveles a la valoración total del trabajo.

Una vez diseñada y generada la rúbrica, se puso a disposición de los alumnos en Studium durante el resto del primer cuatrimestre del curso 2014-2105, para que pudieran acceder a ella a lo largo del desarrollo de la asignatura. Esta rúbrica se muestra en el Anexo II, en el que se pueden comprobar cuáles son los aspectos relevantes incluidos en ella, los porcentajes asignados a cada uno de los niveles de logro, etc. Se puede ver que se ha optado por una rúbrica con tres niveles de desempeño o niveles de logro, denominados “Destacado”, “Correcto” e “Insuficiente”, y se han detallado qué corresponden a cada uno de los aspectos valorados por el profesor. Estos aspectos son los siguientes:

- Calidad general del trabajo (hasta 5 puntos). Es el apartado en el que se reflejan las cuestiones sustantivas y de contenido del trabajo, así como la calidad general del producto final.
- Ejemplos utilizados (hasta 3 puntos). Se valora la aportación personal del alumno y la idoneidad y pertinencia de los ejemplos incluidos en el trabajo.
- Fuentes de referencia utilizadas (hasta 1 punto). Se trata de un aspecto formal en el que los alumnos de primer curso son especialmente poco cuidadosos pero que es valorado por los profesores como muestra de un buen trabajo de documentación.
- Adecuación a las instrucciones (hasta 1 punto). Valora el seguimiento de las instrucciones formales incluidas en la información dada al alumno/a.

Además, la rúbrica iba acompañada en Studium de una serie de instrucciones escritas sobre la realización del trabajo, que se detallan en el Anexo I. Podemos ver cómo estas instrucciones muestran la información relevante sobre los aspectos formales (extensión del trabajo, tipos de temas, formato de los ficheros, fechas de entrega, criterios de evaluación mediante la rúbrica, etc.).

A lo largo del cuatrimestre, también se programaron una serie de tutorías personalizadas en las que se informó a los alumnos de cuál iba siendo su grado de logro en la consecución de los objetivos fijados.

RESULTADOS

Según las instrucciones mostradas en el Anexo I, los trabajos desarrollados por los alumnos necesitaban ser consensuados con el profesor. Se permitía la participación en el trabajo de hasta tres alumnos/as, que consideramos que es el número ideal de participantes, para así fomentar el trabajo en equipo. Sin embargo, en algunos casos había motivos particulares (menor extensión del trabajo, inferior dificultad del contenido, o circunstancias laborales y/o académicas del alumno/a) que aconsejaron la realización del trabajo por un solo alumno. En este curso, además, ha habido un trabajo que por su extensión, ha sido abordado por un grupo de cuatro alumnos, si bien esta situación es excepcional.

A continuación, se muestra una lista de cuáles han sido los trabajos presentados en el curso 2014-2015 por los alumnos/as de la asignatura "Matemáticas I". Este trabajo, además, solo debe ser realizado de forma obligatoria por los alumnos de nuevo ingreso por lo que no han participado todos los alumnos de la asignatura, sino un total de 36 alumnos/as.

Para cada uno de los trabajos asignados, se indica si se trata de trabajos realizados individualmente o de forma colectiva:

1. Cálculo de volúmenes mediante integrales simples (1 alumno).
2. La conjetura de Goldbach (1 alumno).
3. Conjuntos de la recta real definidos mediante desigualdades (2 alumnos)
4. Constantes Matemáticas (3 alumnos).
5. Curvas paramétricas (2 alumnos).
6. El número áureo (3 alumnos).
7. La fórmula de Taylor (3 alumnos)
8. Fórmulas de reducción de integrales (2 alumnos)
9. Estudio de las funciones de la recta real (3 alumnos).
10. Funciones Beta y Gamma (1 alumno).
11. Indeterminaciones de límites (3 alumnos).
12. La Regla de L'Hopital y sus aplicaciones (2 alumnos).
13. Métodos de integración adaptativa (1 alumno).
14. Primitivas de funciones racionales (2 alumnos).
15. La sucesión de Fibonacci (3 alumnos).
16. Los Teoremas de los valores medios (4 alumnos).

Para evaluar el impacto de esta iniciativa, hemos analizado la posible mejora en la ejecución de los trabajos de los alumnos comparándola con el desempeño obtenido en cursos anteriores de la misma asignatura y titulación. El cuadro siguiente recoge la media de las notas: como el trabajo supone hasta un 30% de la nota final, la puntuación máxima se ha tomado igual a 3. También se indica la desviación media y los valores mínimo y máximo de las mismas durante el pasado curso (2013-2014) y el curso actual (2014-2015).

	Nota media	Desviación media	Nota mínima	Nota máxima
CURSO 2013-2014	1.79	0.43	0.6	2.3
CURSO 2014-2015	2.12	0.31	1.4	2.7

Como se puede ver, la nota media de los trabajos ha mejorado con esta iniciativa. Esta mejora se produce además, por una subida importante de las notas mínimas más que por una mejora de las máximas, lo que supone un claro aumento de la calidad general de los trabajos y una disminución de los trabajos “impresentables”. Por otra parte, también ha disminuido la desviación media, lo que supone que las notas son más homogéneas alrededor de la media, es decir, la calidad de los trabajos es más homogénea que el curso anterior.

CONCLUSIONES

Podemos destacar las siguiente conclusiones principales de este proyecto:

1. Los resultados obtenidos indican una clara mejora de la calidad de los trabajos entregados por los alumnos, así como una mayor homogeneización. A nuestro entender, esto refleja que el disponer de unos criterios concretos permite que los alumnos tengan más claros los objetivos a conseguir.
2. Esta iniciativa ha permitido además la optimización de la labor docente, sobre todo en lo concerniente a la labor de tutorización de los trabajos, así como la disminución de los niveles de abandono de la ejecución de los trabajos por parte de los alumnos.

3. La especificación de los niveles de desempeño apunta también a una mejora general de las calificaciones obtenidas por los alumnos en esta actividad, tanto por la mejora de las notas máximas como, sobre todo, por un aumento de las notas mínimas con respecto a las del curso pasado.

Podemos decir que en general tanto los alumnos como los profesores han manifestado que la utilización de las rúbricas para la evaluación de los trabajos es una herramienta útil, porque resulta objetiva y establece de forma clara cada uno de los aspectos que van a ser evaluados. Estos criterios aportan seguridad a los estudiantes, sirven como una guía de su trabajo y como un indicador de su nivel de desempeño, y facilitan la labor de evaluación del profesor, haciéndola más clara, objetiva y manejable.

Anexo I

INSTRUCCIONES PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS:

Durante el curso 2014-2015 es opcional el realizar un trabajo para la evaluación de la asignatura Matemáticas I del Grado en Ingeniería Mecánica. Ese trabajo contará hasta un 30% de la nota final, y se realizará según las siguientes instrucciones:

- La selección del tema se acuerda con el profesor. Podrá ser de dos tipos: sobre algún tema del temario de la asignatura, o sobre algún tema de investigación relacionado con la materia.
- Tendrá una extensión entre 15 y 50 páginas.
- Se debe utilizar un procesador de textos que maneje el formato TeX. Se ha de entregar el fichero .tex y, en su caso, las figuras correspondientes en formato .eps. El trabajo debe ser compilable con los documentos entregados.
- Se ha de incluir obligatoriamente en el texto la bibliografía empleada, indicando autor, año, editorial, título, etc. O en su caso, la referencia de internet (completa) correspondiente.
- La fecha final para entregar el trabajo es el 16-1-2015 en primera convocatoria, y el 20-2-2015 en segunda convocatoria. El trabajo final puede mandarse por e-mail a la dirección higra@usal.es, respetando los formatos indicados más arriba.
- Cualquier duda relacionada con el trabajo podrá resolverse en las horas de tutoría de la asignatura (despacho 217 Edificio Politécnico).
- La evaluación del trabajo se realizará siguiendo los criterios de la rúbrica que aparece a continuación. El trabajo se considerará aprobado y contará para la nota final, solo si su calificación supera los 5 puntos.

Anexo II

RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE MATEMÁTICAS I (G.I.Mecánica)

EVALUACIÓN DEL TRABAJO	DESTACADO	CORRECTO	INSUFICIENTE
<p>CALIDAD GENERAL DEL TRABAJO</p> <p>(hasta 5 puntos)</p>	<p>No hay ningún error teórico o de desarrollo.</p> <p>Recoge los tópicos relevantes del tema tratado.</p> <p>Hasta 5 puntos</p>	<p>Sin errores teóricos o de desarrollo importantes.</p> <p>Recoge los tópicos básicos del tema tratado.</p> <p>Hasta 3 puntos</p>	<p>Con errores teóricos o de desarrollo importantes.</p> <p>No recoge los tópicos básicos del tema tratado.</p> <p>Hasta 2 puntos</p>
<p>EJEMPLOS UTILIZADOS</p> <p>(hasta 3 puntos)</p>	<p>Ejemplos relevantes y desarrollados por el alumno.</p> <p>Hasta 3 puntos</p>	<p>Ejemplos adecuados y relevantes, aunque no sean originales.</p> <p>Hasta 2 puntos</p>	<p>No se incluyen ejemplos que sean adecuados ni originales.</p> <p>Hasta 1 punto</p>
<p>FUENTES DE REFERENCIA UTILIZADAS</p> <p>(hasta 1 punto)</p>	<p>Buena selección del material de referencia, utiliza varias fuentes que son fiables y contrastadas.</p> <p>Hay una buena aportación personal a los fragmentos individuales de cada fuente.</p> <p>Hasta 1 punto</p>	<p>Selección ajustada de material de referencia, utiliza al menos dos fuentes fiables y contrastadas.</p> <p>Se incluye alguna aportación personal a los fragmentos individuales de las fuentes.</p> <p>Hasta 0,5 puntos</p>	<p>Selección pobre de material de referencia: una sola fuente o las fuentes utilizadas no son fiables.</p> <p>Hay solo suma de los fragmentos individuales de las fuentes utilizadas, sin aportación personal.</p> <p>Hasta 0,25 puntos</p>
<p>ADECUACIÓN A LAS INSTRUCCIONES</p> <p>(hasta 1 punto)</p>	<p>Sigue todas las instrucciones indicadas sobre extensión, tipo de cita, formatos, procesador de texto empleado (TeX), etc.</p> <p>Hasta 1 punto</p>	<p>No sigue todas las instrucciones indicadas sobre extensión, tipo de cita, formatos, procesador de texto empleado (TeX), etc.</p> <p>Hasta 0,5 puntos</p>	<p>No sigue las instrucciones indicadas sobre extensión, tipo de cita, formatos, procesador de texto empleado (TeX), etc.</p> <p>Hasta 0,25 puntos</p>

BIBLIOGRAFÍA:

- Besterfield-Sacre, M., Gerchak, J., Lyons, M., Shuman, L.J. & Wolfe, H. (2004). Scoring concept maps: An integrated rubric for assessing engineering education. *Journal of Engineering Education*, 93 (2), 105-115.
- Besterfield-Sacre, M., Shuman, L.J., Wolfe, H., Clark, R.M. & Yildirim, P. (2007). Development of a work sampling methodology for behavioral observations: Application to teamwork. *Journal of Engineering Education*, 96 (4), 347-357.
- Blanco, A. (2008) Las rúbricas: un instrumento útil para la evaluación de competencias. In: Prieto, L. (coord.) *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje*. Barcelona, Octaedro.
- Diefes-Dux, H., Zawojewski, J.S., Hjalmarson, M.A. & Cardella, M.E. (2012) A framework for analyzing feedback in a formative assessment system for mathematical modeling problems. *Journal of Engineering Education*, 101 (2), 375-406.
- Jiusto, S. & DiBiasio, D. (2006). Experiential learning environments: Do they prepare our students to be self-directed, life-long learners? *Journal of Engineering Education*, 95 (3), 195-204.
- Lawton, D., Vye, N., Bransford, J., Sanders, E., Richey, M., French, D. & Stephens, R. (2012). Online learning based on essential concepts and formative assessment. *Journal of Engineering Education*, 101 (2), 244-287.
- Martínez, M., Amante, B. & Cadenato A. (2012). Competency assessment in Engineering courses at the Universitat Politècnica de Catalunya in Spain. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 10 (1), 46-52.
- Thambyah, A. (2011). On the design of learning outcomes for the undergraduate engineers final year project. *European Journal of Engineering Education*, 36 (1), 35-46.